

RUSLE para Determinação da Tolerância de Perda de Solo

Diego Benvindo Oliveira Santos¹, Claudio José Cavalcante Blanco², Francisco Carlos Lira Pessoa³

1. Engenheiro Ambiental, Universidade do Estado do Pará. Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Pará, Brasil. E-mail: diego.benvindo@gmail.com

2. Engenheiro Mecânico, Universidade Federal do Pará. Doutorado em Sciences de l'eau, Université du Québec. Professor, Universidade Federal do Pará, Brasil. E-mail: blanco@ufpa.br

3. Engenheiro Sanitário e Ambiental, Universidade Federal do Pará. Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Brasil. E-mail: fcfpessoa@ufpa.br

RESUMO: A Amazônia vem sofrendo severas mudanças provocadas por atividades antrópicas, dentre as quais se destaca a transformação de áreas de floresta em áreas de uso agropecuário, resultando na intensificação dos processos erosivos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi aplicar o modelo empírico RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) no trecho superior da bacia do igarapé da Prata. A bacia, com uma área aproximada de 32,7 km², fica localizada no município de Capitão Poço/PA, aproximadamente 160 km da capital Belém. A metodologia empregada constou da construção de uma base de dados georreferenciada, que passou por adequações para inserção no ambiente SIG. Os dados e o SIG com aplicação da RUSLE permitiram a geração de um mapa de perda de solo da área de estudo, o qual foi utilizado para a determinação da tolerância de perda de solo da bacia. Assim, a pequena bacia do igarapé da Prata apresentou valores de perda de solo, variando entre 0,004 e 72,48 t ha⁻¹ ano⁻¹, com uma média de 5,12 t ha⁻¹ ano⁻¹. Nesse caso, aproximadamente 12 % da área da bacia apresentam riscos ambientais devido aos processos erosivos.

Palavras-chave: Amazônia, erosão, SIG, mudança de uso do solo.

RUSLE for Determining Soil Loss Tolerance

ABSTRACT: Amazonia has undergone severe changes caused by human activities, among which stands out the transformation of forest areas in areas of agricultural use, resulting in the intensification of erosion processes. In this context, the aim of this study was to apply the empirical model RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) in the upper reaches of the Prata catchment. The catchment with an approximate area of 32,7 km², which is located in the municipality of Capitão Poço (state of Pará), approximately 160 km from the capital Belém. The methodology consisted of the construction of a base georeferenced data, which have undergone adjustments for inclusion in the GIS. The data and application of GIS with RUSLE allowed the generation of a map of soil loss in the study area, which was used for the determination of soil loss tolerance of the catchment. The Prata catchment presented values of soil loss ranging between 0.004 and 72.48 t ha⁻¹ year⁻¹, and an average of 5.12 t ha⁻¹ year⁻¹. In this case, approximately 12 % of the catchment area presented environmental risks due to erosion.

Keywords: Amazon, erosion, GIS, change of land use.

1. Introdução

O solo é um dos elementos essenciais no planejamento de bacias hidrográficas, pois suporta toda cobertura vegetal, as mudanças que podem ocorrer nessa cobertura, incluindo as devidas às atividades agrícolas; e também toda vida existente nas bacias. No Brasil, país tropical, a erosão hídrica causa redução da fertilidade do solo, prejudicando a produtividade agrícola, impactando qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Para Barros et al. (2009), a erosão é um dos maiores problemas ambientais, respondendo pelo declínio dos rendimentos das culturas, aumento dos custos de produção, e, por conseguinte, diminuindo a lucratividade das lavouras, além de provocar o assoreamento de rios, degradação da qualidade das águas, entre outros danos. O conhecimento antecipado do potencial de erosão de um solo em área pré-estabelecida pode direcionar a atividade humana no sentido de um uso e manejo sustentável dos recursos naturais ali contidos (NUNES et al., 2012; RANZINI e LIMA, 2002).

O modelo RUSLE proposto por Renard et al. (1997), permite estimar o potencial de erosão, considerando a interação entre a energia da chuva, as características de solo e relevo, assim como do uso e manejo praticado. Nesse sentido, a integração do modelo com Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possibilitam métodos mais eficientes de entrada e saída dos dados no mesmo (ALATORRE e BEQUÍRA, 2009). Além disso, Yue-Qing et al. (2008) citaram que o modelo RUSLE, integrado a SIGs, tem sido o modelo empírico para predição do solo mais amplamente utilizado, representando a heterogeneidade espacial da erosão do solo a partir de dados simplificados.

O Pará está entre os estados com maior expansão da atividade agropecuária, apresentando um crescimento de 76 % de área cultivada de 1990 a 2011, totalizando aproximadamente um milhão de hectares plantados. Ademais, estudos como o de Almeida et al. (2010) comprovaram a intensa ocupação da região leste do Estado, onde se encontra a área de estudo. Na Amazônia, os processos erosivos devidos às mudanças de uso e cobertura da terra têm seus impactos intensificados pelas características da região, onde a alta intensidade pluviométrica, relativa ao clima tropical, agrava a erosão de solos desprotegidos, sofrendo maiores perdas produtivas pela lixiviação (VALE JR. et al., 2011).

Nesse contexto, é essencial melhor compreender o impacto das mudanças de uso da terra nos padrões de erosão hídrica, visando estabelecer a tolerância de perda do solo para melhor manejá-lo. Para tanto, o presente trabalho tem por objetivo aplicar o modelo empírico RUSLE, em ambiente de SIG, na região amazônica, tendo como estudo de caso: a pequena bacia hidrográfica do igarapé da Prata em Capitão Poço-PA.

2. Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A bacia do Igarapé da Prata localiza-se no município de Capitão Poço, região nordeste do estado do Pará, aproximadamente a 160 km da capital Belém. O estudo foi realizado no trecho superior da bacia, com uma área aproximada de 32,7 km², com o exutório sendo demarcado pela Estação Fluviométrica Marambaia (Código Agência Nacional de

Águas - ANA: 31600000) controlada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). A área total da bacia possui 82 km² sendo que o igarapé deságua no rio Guamá (Figura 1).

O clima da região, enquadra-se no tipo climáticos Am da classificação de Köppen, sendo úmido com pequena estação seca entre setembro e novembro. As temperaturas médias situam-se em torno de 26,2 °C com umidade relativa de 83 %, com uma precipitação média de aproximadamente 2.400 mm. As médias pluviométricas mensais (Tabela 1) foram obtidas pela estação da Pluviométrica de Ourém, controlada pela ANA, distante 15 km da área de estudo, sendo seu uso justificado por Blanco et al. (2007).

Tabela 1. Médias mensais das chuvas na Estação Pluviométrica de Ourém, entre 1988 e 2012. / **Table 1.** Monthly averages of rainfall in rainfall of Ourem Station between 1988 and 2012.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Média	237,9	287,3	367,4	336,4	250,1	158,7
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Média	137,1	104,4	69,4	50,7	50,1	100,8

No trecho da bacia estudada predominam os Latossolos Amarelos distróficos e Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos, com 84 e 14 % do total, respectivamente, ambos são solos profundos, homogêneos e quimicamente pobres. Para a pesquisa foram considerados somente os dados de Martins (1987), os quais descrevem as características de Latossolos Amarelos nas proximidades da pequena bacia (Tabela 2).

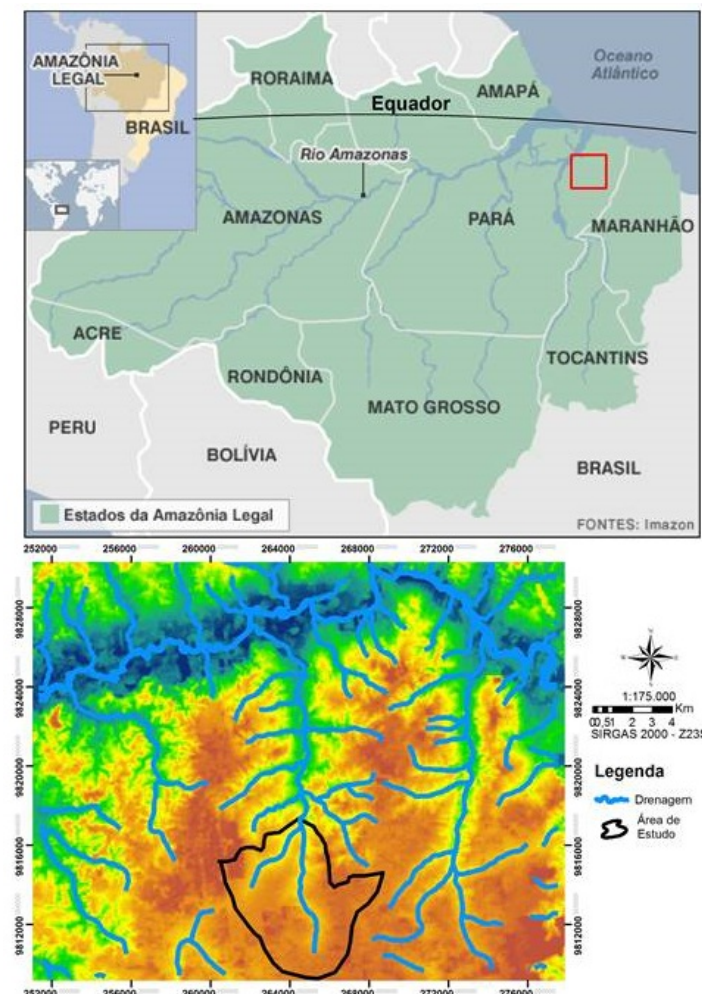


Figura 1. Localização da Pequena bacia Hidrográfica do igarapé da Prata. / **Figure 1.** Location of Small Hydrographic Silver creek basin.

Tabela 2. Características do Latossolo Amarelo na região. / **Table 2.** Characteristics of Oxisol in the region.

Permeabilidade	Moderada e Rápida
Textura	Franco Arenosa
% Areia grossa	44
% Areia fina	29
% Silte	14
% Argila	11
% Matéria Orgânica	2,0

Fonte: Martins (1987)

O relevo na área de estudo compreende padrões planos com declividade média de 1,7 %, não superior a 8,5 % nas áreas mais íngremes, e cotas de 54 a 102 m. Estas análises foram feitas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área (Figura 2), baseado numa imagem SRTM 90 x 90 m (Shuttle Radar Topography Mission) ajustada por Jarvis et al. (2008). Os dados SRTM são considerados de satisfatória precisão vertical na região amazônica (SANTOS et al., 2006), ainda Salgado et al. (2012) concluíram que estes dados são melhores que os disponibilizados pelo IBGE para o cálculo dos fatores topográficos de erosão.

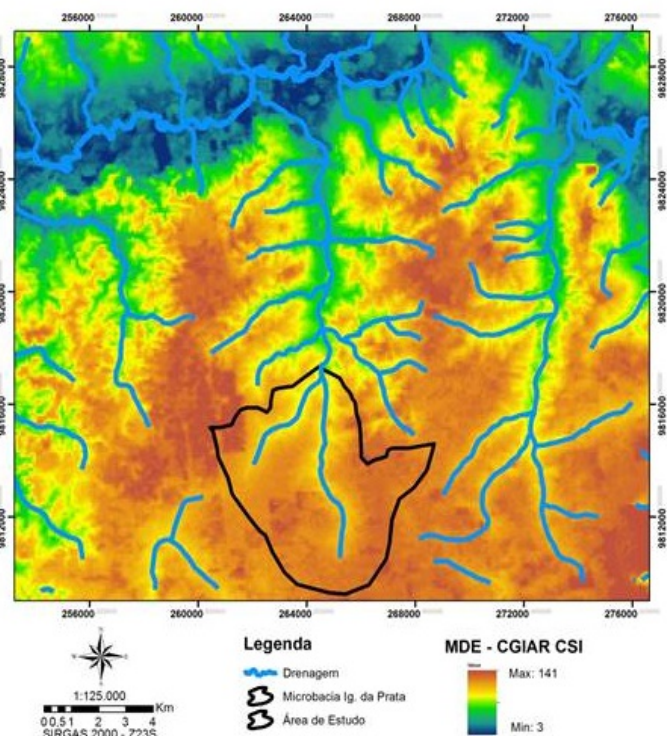


Figura 2. Modelo digital de Elevação (MDE). / **Figure 2.** Digital Elevation Model (DEM).

O uso e cobertura da terra na área de estudo foram adquiridos através do mapeamento do projeto TerraClass 2010 (EMBRAPA e INPE, 2013), com destaque para áreas de pastagem, concentradas na parte noroeste da região de estudo, onde se observam três categorias de pasto que se estendem por aproximadamente 1.570 ha, ou 43 % da área total, sendo: Pastagem Limpa (27 %), Pastagem Degradada (9 %) e Pastagem com regeneração (7 %). Também se destacam as feições de Agropecuária com 1.070 ha (29 %), assim como a Vegetação Secundária e Agricultura, ambas em torno de 475 ha (13 %). As nuvens, com 2 % do total, representam as áreas não mapeadas devido ao sombreamento provocado pela cobertura de nuvens no local (Figura 3).

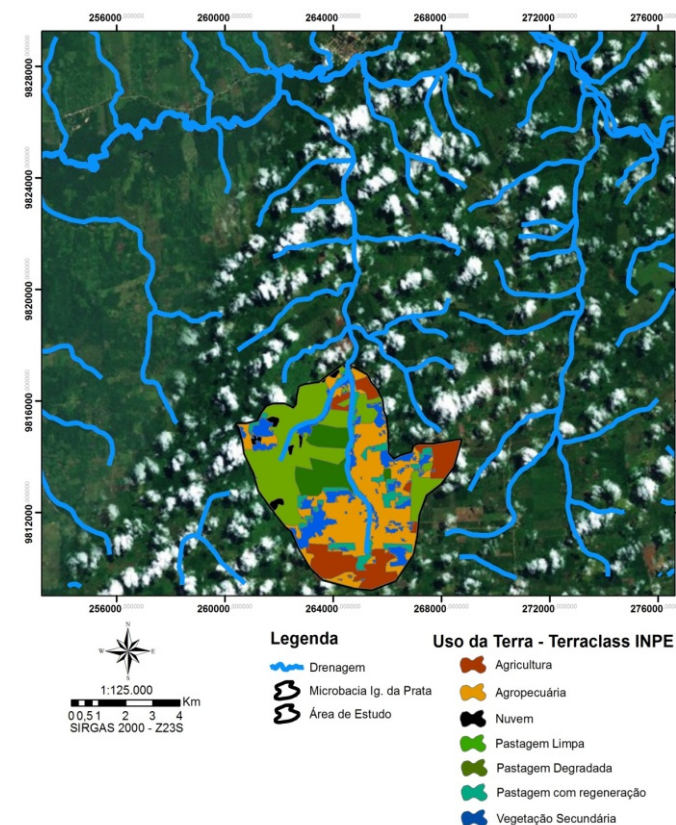


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra. / **Figure 3.** Map of land use and land cover.

RUSLE

A perda de solo na área de estudo foi avaliada a partir da aplicação da equação de perda de solo do RUSLE (Equação 1), sendo extensamente descrito no *Agricultural Handbook n° 307* (RENARD et al., 1997).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Sendo:

A - perda de solos média por unidade de área, em decorrência da erosão em sulco e entre sulco ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$); R - fator de erosividade da chuva, ($MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$); K - fator de erodibilidade do solo, ($t \cdot ha \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$); L e S - fator comprimento e declividade de rampa (-); C - fator de uso e cobertura do solo (-); e P - fator de práticas conservacionistas (-).

No entanto, devido às diferenças entre a base de dados adquirida para a área e os dados, usualmente necessários para a avaliação da perda de solo via RUSLE, foi realizado a adequação da quantificação de seus parâmetros por outros métodos viáveis.

A estimativa da erosividade da chuva se deu em função das médias mensais e anuais de chuvas na região de acordo com a equação 2, proposta por Moraes et al. (1991).

$$EI_{30} = 36,894 \cdot MFI^{1,0852} \quad (2)$$

Sendo:

EI_{30} - Índice de Erosão; e MFI - Índice de Fournier Modificado.

Segundo Renard e Freimund (1994) e Silva (2004) a correlação do fator R com séries pluviométricas são amplamente aplicadas e permitem uma boa aproximação. A

utilização da equação 2 foi justificada por Santos (2013).

A estimativa do fator K foi feita a partir da aplicação das equações 3 e 4 de Denardin (1990) e Levy (1995), respectivamente.

$$K = 0,00000748 M + 0,00448059 p - 0,0631175 DMP + 0,01039567 r \quad (3)$$

Sendo:

M - variável calculada em % a partir de valores granulométricos, através da soma de % de silte e % de areia fina, multiplicados pela soma de % de silte, % de areia fina e % de areia grossa; p - permeabilidade dos solos assume valores de 1 a 5, segundo a classificação correspondente: (1) Rápida; (2) Moderada a Rápida; (3) Moderada; (4) Moderada a Lenta; (5) Lenta; r - relação entre o teor de matéria orgânica (MO) e o teor de areia grossa ($\% \text{ de MO} \times \% \text{ de areia grossa} / 100$).

$$DMP = \sum Ct \cdot Pt \quad (4)$$

Sendo:

Ct - centro de cada classe textural (mm), o diâmetro médio da partícula de areia grossa 1,125, areia fina 0,150, silte 0,026 e argila 0,002; e Pt - proporção da classe textural ($g \cdot g^{-1}$).

O fator de relevo, ou seja, do comprimento e declividade das encostas (LS) foi obtido através de um código computacional em linguagem C++, desenvolvido por Van Remortel et al. (2004). Os autores avaliaram as soluções para quantificar o fator de relevo para aplicação nas equações da USLE e RUSLE, respectivamente, em um ambiente SIG a partir de MDEs.

O fator de uso e cobertura da terra (C) foi atribuído de acordo com os respectivos usos encontrados na bacia, considerando os valores adotados por diversos autores, que estudaram a erosão em paisagens brasileiras (Tabela 3). Outros autores adotam a quantificação de C de outros trabalhos em situações semelhantes de sua área de estudo (TERRANOVA et al., 2009; CATEN et al., 2012).

Tabela 3. Valores de C para usos da terra encontrados na bacia. / **Table 3.** C values for land uses found in the basin.

Tipo de uso da terra	Fator C
Agricultura anual	0,082
Agropecuária	0,070
Nuvem	0,001
Pasto limpo	0,007
Pasto degradado	0,014
Pasto com solo exposto	0,061
Vegetação secundária	0,012

Na região de estudo, não foram observadas práticas conservacionistas, não tendo sido relatado a utilização das mesmas em outros estudos ou levantamentos da região, portanto, foi atribuído o valor máximo "1" ao fator de práticas conservacionistas (P), ou seja, plantio morro abaixo.

Por fim, a perda de solo (A) resulta da combinação dos fatores supracitados, quantificando esta perda em $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ da área em questão. Os dados compostos em camadas dentro

do SIG são cruzados, assim, a perda de solo é apresentada heterogeneamente na área.

Os riscos provenientes da erosão não podem ser avaliados exclusivamente em função da quantidade de solo erodida, devendo, também, serem considerados os usos pretendidos para estes solos e da vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais no entorno, entre outras características pertinentes para cada área. Assim, considerando o exposto por Bertoni e Lombardi Neto (2012), foi avaliada a tolerância de perda de solo (TPS) da área de estudo, a qual considera a perda de solo máxima admissível por tipo de solo para que o mesmo mantenha uma produção econômica viável em longo prazo.

Portanto, como predomina na área o Latossolo Amarelo distrófico e que este foi o único considerado para a obtenção do fator K, adotou-se uma TPS equivalente a $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ com base no estudo de Nunes et al. (2012). Os autores avaliaram a TPS de 19 tipos de solo do sul do Amazonas dentre os quais o Latossolo Amarelo distrófico. Assim, para o presente trabalho, foi adotado o valor supracitado.

3. Resultados e Discussão

Fatores da RUSLE

A erosividade da chuva dada pela aplicação dos dados pluviométricos de Ourém (Tabela 1) na Equação 2, no qual foi obtido o fator R equivalente a $12.145 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O valor encontrado é compatível com os valores esperados para as regiões brasileiras, entre 12.000 e $22.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (SILVA, 2004; OLIVEIRA et al., 2012); e também compatível com dados apresentados por Oliveira et al. (1989) com fator R entre 13.000 e $15.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para municípios próximos à região de estudo. Ressalta-se que este fator foi adotado para toda a área, pois a mesma por sua pequena extensão está sobre efeito de um único clima.

A erodibilidade do solo foi obtida a partir dos dados descritos por Martins (1987) (Tabela 2), aos quais se aplicaram as Equações 3 e 4. Assim, o fator K para a área de estudo é de $0,0026 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Tabela 4). Assim, segundo Foster et al. (1981), o solo na bacia é classificado como de baixa a moderada erodibilidade ($0,01$ - $0,03 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$).

Tabela 4. Parâmetros para determinação do fator K. / **Table 4.** Parameters for determining the K factor.

Variável	Valor obtido
M	3,87
Permeabilidade do solo, p	2 (moderada e rápida)
Diâmetro médio ponderado das partículas, DMP (mm)	0,56
r	1
K ($\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)	0,026

O comprimento e declividade de rampa resultaram da execução do programa C++, tendo como dado de entrada o MDE (Figura 2). Nesse caso, o fator LS fornece dados por pixel da imagem, variando entre 0,01 e 2,83 para a pequena bacia (Figura 4). O fator LS da área de estudo condiz com o observado por Renard et al. (1997) para áreas planas. O fator de uso e cobertura da terra é disposto em função de seus respectivos usos para toda a área de estudo, de maneira que o menor valor do fator C (com exceção das nuvens), 0,001, pertence às áreas de pasto limpo, que juntamente com as áreas de uso agropecuário, com fator de 0,070, representam 56 % da área total, distribuídos de forma mais homogênea. O restante dos usos do solo está segregado na área com destaque para as áreas de agricultura

anual, sendo mais notáveis ao sul e extremo leste da área que correspondem ao C equivalente a 0,082 (Figura 5). O fator de práticas conservacionistas (P) foi considerado com valor máximo na região, i.e., $P = 1$, pois como dito anteriormente, a região não possui essas práticas conhecidas ou relatadas em outros estudos.

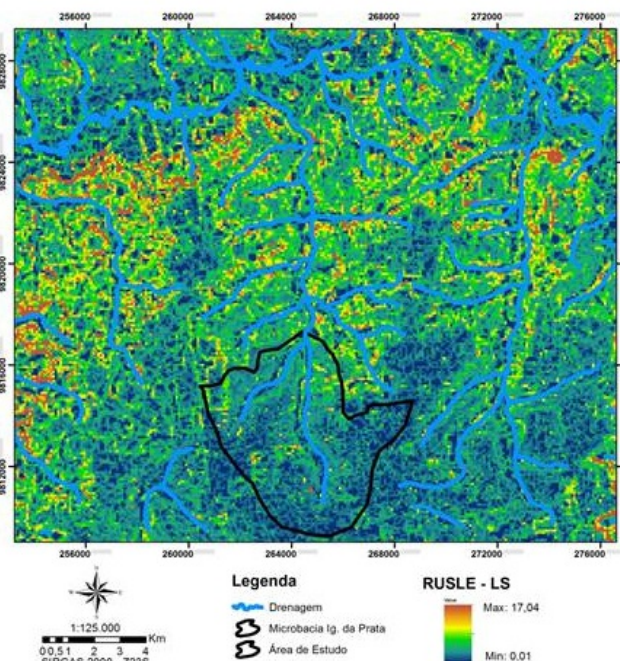


Figura 4. Mapa do fator LS para região. / **Figure 4.** Map of LS factor for the region.

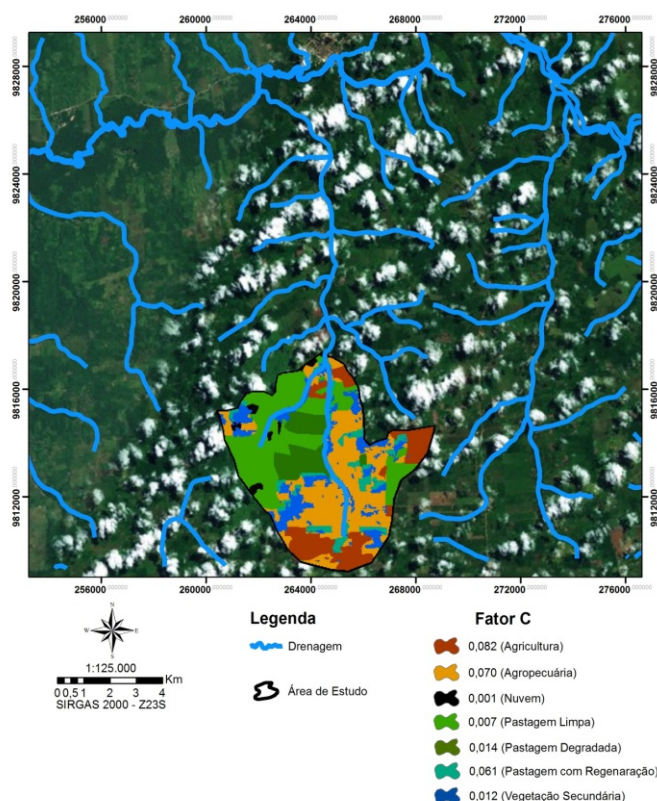


Figura 5. Mapa do fator C para área de estudo. / **Figure 5.** Map C factor in the study area.

Perda de solo na bacia

A perda de solo por erosão hídrica foi composta pela combinação dos fatores da RUSLE quantificados no ambiente SIG, resultando na distribuição da perda de solo anual na área de estudo (Figura 6). Os valores da perda de solo na área variaram entre $0,003$ e $62,554 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, percebe-se que os

maiores valores de perda de solo são em função de altos valores de LS conjugados com altos valores de C (Agricultura anual e Agropecuária); enquanto os menores valores estão associados aos pastos limpos em área planas (LS inferior).

No intuito de identificar as áreas críticas na bacia, foi avaliada a tolerância de perda de solo (TPS) equivalente a $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, como discutido anteriormente. As áreas onde a erosão hídrica excede essa tolerância de perda de solo do Latossolo Amarelo distrófico corresponderam a 9,4 % da área total (aproximadamente 347 ha) (Figura 7). As áreas críticas, onde a perda de solo foi superior a $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, estão associadas aos altos valores de LS, cuja média, considerando exclusivamente estas áreas, é de 0,77, o dobro da média comparando-se com toda a área de estudo. Da mesma forma, os usos que se destacam nestas áreas críticas são Agropecuária, Agricultura Anual e Pasto com solo exposto, representando 52, 21 e 19 % do total, respectivamente.

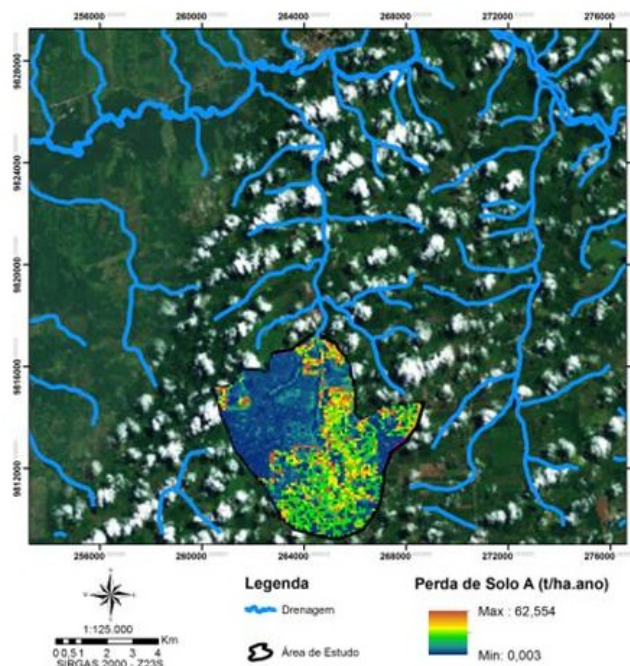


Figura 6. Mapa de perda de solo da área de estudo. / **Figure 6.** Map of soil loss in the study area.

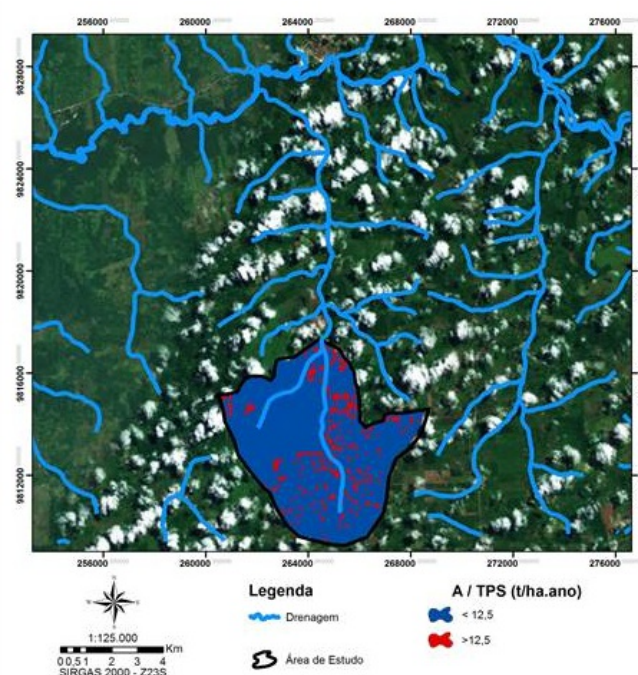


Figura 7. Erosão hídrica em relação à tolerância da perda de solo. / **Figure 7.** Water erosion in relation to tolerance of soil loss.

A perda de solo na bacia do igarapé da prata totalizou aproximadamente $16.337 \text{ t ano}^{-1}$, que além de acarretarem em perda da produtividade agropecuária, podem causar impactos severos físicos e químicos no igarapé e seus afluentes. As áreas onde a erosão hídrica excede a tolerância da perda de solo do Latossolo Amarelo distrófico, destacadas em vermelho (Figura 7), correspondem a 9,4% da área total (aproximadamente 347 ha). Como mencionado anteriormente, as áreas críticas, onde a perda de solo é superior a $12,5 \text{ t/ha ano}^{-1}$, estão associadas aos altos valores de LS, cuja média, considerando exclusivamente estas áreas, é de 0,77, o dobro da média comparando-se com toda a área de estudo. Da mesma forma, os usos que se destacam nestas áreas críticas são Agropecuária, Agricultura Anual e Pasto com solo exposto, representando 52, 21 e 19% do total, respectivamente.

Os resultados apresentados podem subsidiar políticas públicas de conservação e manejo do solo, com enfoque nas áreas em que a erosão oferece risco à manutenção da produção agropecuária e à degradação dos recursos hídricos superficiais do trecho analisado da bacia hidrográfica do igarapé da Prata. Além disso, tal estudo permite melhor visualizar os processos erosivos na bacia, auxiliando em uma gestão territorial compreensiva, considerando as capacidades e limitações naturais do território, possivelmente direcionando a implementação de atividades agropecuárias e de áreas de APP na bacia em questão. O estudo também serve de modelo para que outras bacias com uso de solo misto sejam analisadas.

4. Conclusão

A utilização da RUSLE em uma pequena bacia da Amazônia mostrou-se de aplicação simples, rápida e de baixo custo quando considerado que a maior parte dos dados necessários está disponível em bancos de dados públicos. Para tanto, sugere-se que sejam adotadas as adequações metodológicas propostas no presente trabalho através da utilização de um sistema de informação geográfica. Ressalta-se que os resultados obtidos pela sua utilização devem ser analisados com caráter qualitativo, considerando que muitos de seus parâmetros são estimados de forma alternativa. Por fim, a utilização da RUSLE em combinação com um SIG, apresenta-se como forma viável, para avaliação da erosão, podendo ter sua aplicação replicada nas mais diversas bacias da Amazônia, de forma a auxiliar políticas públicas para o uso sustentável dos recursos naturais.

5. Agradecimentos

Agradece-se à CAPES pelo financiamento de uma bolsa de mestrado e de uma bolsa PNPd.

6. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazônica*, v.40, p.282-302, 2010.
- ALATORRE, L. C.; BEGUERÍA, S. Identification of eroded areas using remote sensing in a badlands landscape on marls in the central Spanish Pyrenees. *Catena*, v.76, p.182-190, 2009.
- BARROS, L. S.; VALE JR., J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JR., M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* Wilde savana em Roraima, norte da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.447-454, 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 8ed. São Paulo, Ícone, 2012.
- BLANCO, C. J. C.; SECRETAN, Y.; FAVRE, A. C. Análise, aplicação e transposição de um modelo chuva-vazão para simulação de curvas de permanência de pequenas bacias da Amazônia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.12, p.205-216, 2007.

- CATEN, A.; MINELLA, J. P. G.; MADRUGA, P. R. A. Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1006-1014, 2012.
- DENARDIN, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1980. 81 f. Tese (doutorado) Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, 1980.
- Empresa Brasileira de Pesquisa (EMBRAPA); Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). **Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia – 2010**. Sumário executivo, 1ª Impressão, Editora da Embrapa, 2013.
- FOSTER, G. R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHOUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil Water Conservation**, v.36, p.355-539, 1981.
- JARVIS, A.; REUTER, H.I.; NELSON, A.; GUEVARA, E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. 2008. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org>>. Acesso em 15 Out. 2012.
- LEVY, M. C. T. C. **Avaliação de cenários da produção agrícola visando à sustentabilidade do uso das terras de Piracicaba (SP)**. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, 1995.
- MARTINS, P. F. S. **Propriedades de solos sob floresta natural e sua alteração em consequência do desmatamento e cultivo na Amazônia Oriental**. 1987. 233 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, 1987.
- MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI30 de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.339-344, 1991.
- NUNES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, F. P.; NUNES, J. C. Tolerância de perda de solo por erosão na região sul do Amazonas. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.8, p.859-868, 2012.
- OLIVEIRA JR., R. C.; LOPES O. M. N.; MELO, A. S. A erosividade da chuva em Cametá, Tucuruí e Paragominas no estado do Pará. **Boletim FCAP**, v.22, p.35-52, 1989.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena**, v.100, p.139-147, 2012.
- RANZINI, M.; LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, v.61, p.144-159, 2002.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water — a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. United States Department of Agriculture (USDA). Washington, DC, Agricultural Handbook No. 703, 1997.
- RENARD, K. G.; FREIMUND, J. R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. **Journal of Hydrology**, v.174, p.287-306, 1994.
- SALGADO, M.P.G.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T. Avaliação dos dados SRTM aplicados à modelagem do fator topográfico da USLE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.64, p.429-442, 2012.
- SANTOS, D. B. O. **Aplicação da RUSLE a uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia**. 2013. 96 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- SANTOS, P.R.A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L.C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.58, p.101-107, 2006.
- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v.57, p.251-259, 2004.
- TERRANOVA, O.; ANTRONICO, L.; COSCARELLI, R.; IAQUINTA, P. Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). **Geomorphology**, v.112, p.228-245, 2009.
- VALE JR., J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; SOUZA CRUZ, D. L. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.5, p.158-165, 2011.
- VAN REMORTEL, R. D.; MAICHLE, R. W. & HICKEY, R. J. Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. **Computers & Geosciences**, v.30, p.1043-1053, 2004.
- YUE-QING, X.; XIAO-MEI, S.; XIANG-BIN, K.; JIAN, P.; YUN-LONG, C. Adapting the RUSLE and GIS to model soil erosion risk in a mountains karst watershed, Guizhou Province, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.141, p.275-286, 2008.